

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 11123577 A

(43) Date of publication of application: 11.05.1999

(51) Int. Cl. B23K 26/00

B23K 26/00, C03C 15/00, C03C 23/00, C04B 41/91

(21) Application number: 09288077

(22) Date of filing: 21.10.1997

(71) Applicant: NIPPON SHEET GLASS CO LTD

(72) Inventor: IKEDA MAKOTO

## (54) LASER MACHINING METHOD FOR BRITTLE MATERIAL

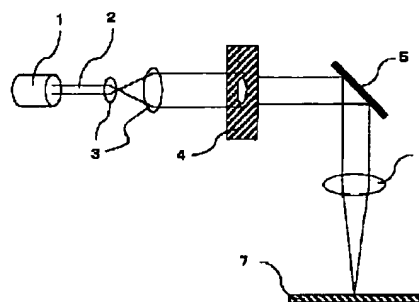
## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To efficiently perform machining such as drilling without causing cracks in a brittle material in machining the brittle material using a pulsed laser beam.

**SOLUTION:** In this machining method, every time when a brittle material is irradiated one to five times with a pulsed laser beam having a pulse width of 50-2,00,000 ns and a repetitive frequency of 20-2,000 Hz, a non-irradiation time zone is provided for 0.1-10 sec. The pulsed laser beam is absorbed on the surface of the brittle material 7, since evaporating its part, it can machine the surface of the brittle material 7. Efficient

machining can be applied without causing cracks on the surface of the brittle material 7 by irradiating it with the pulsed laser beam 2 under the above-mentioned conditions.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-123577

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月11日

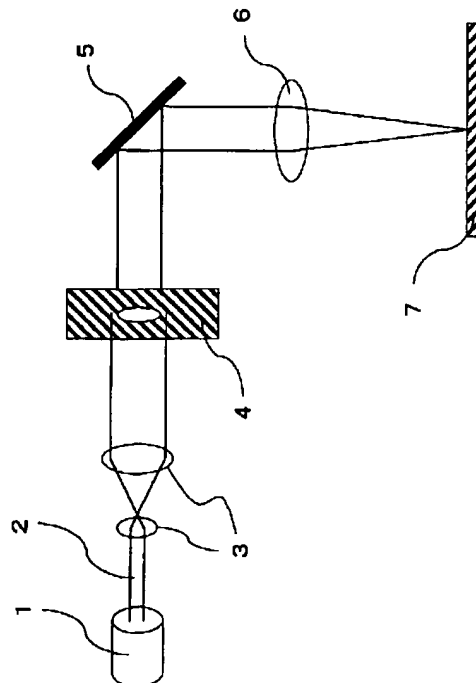
(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I	
B 2 3 K 26/00	3 2 0	B 2 3 K 26/00	3 2 0 E
			N
C 0 3 C 15/00		C 0 3 C 15/00	Z
23/00		23/00	Z
C 0 4 B 41/91		C 0 4 B 41/91	Z
審査請求 未請求 請求項の数3 OL (全 5 頁)			
(21) 出願番号	特願平9-288077	(71) 出願人	000004008
			日本板硝子株式会社
(22) 出願日	平成9年(1997)10月21日		大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号
		(72) 発明者	池田 誠
			大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号
			日本板硝子株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 大野 精市

(54) 【発明の名称】 脆性材のレーザー加工方法

(57) 【要約】

【課題】 パルスレーザー光を用いた脆性材の加工において、脆性材にクラックを発生させることなく、能率よく孔明けなどの加工を施す。

【解決手段】 パルス幅50～200,000ns、繰返し周波数20～2,000Hzであるパルスレーザー光を脆性材に1～5回照射する毎に、0.1～10sの非照射時間帯を設ける。パルスレーザー光は、脆性材表面で吸収され、その部分を気化させるので、脆性体の表面を加工することができる。パルスレーザー光を上記の条件で照射することにより、脆性材の表面にクラックを発生させずに、能率よく加工を施すことができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 パルス幅が50～200,000ns、繰り返し周波数が20～2,000Hzであるパルスレーザー光を1～5回照射する毎に、0.1～10sの非照射時間帯を設ける脆性材のレーザー加工方法。

【請求項2】 前記パルスレーザー光は炭酸ガスレーザー光であり、脆性材はガラスもしくはセラミックである請求項1に記載の脆性材のレーザー加工方法。

【請求項3】 前記パルスレーザー光はYAGレーザー光もしくはYLFレーザー光であり、脆性材はセラミックである請求項1に記載の脆性材のレーザー加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、被加工物の表面にパルスレーザー光を照射し、このレーザー光のエネルギーを利用して、被加工物表面を加工する方法に関する。さらには、パルスレーザー光の照射のタイミングを調整して、脆性材を破壊せずに侵食加工する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】脆性材の表面にレーザー光を照射し、その表面を加工する方法が従来から知られている。レーザー光は、マイクロ波よりも波長の短い可視光線・近赤外線などであって、位相がよく揃い収束性もよいので、狭い面積にきわめて高密度の光エネルギーを集中させることができる。このレーザー光の性質を利用することにより、機械式の加工方法では不可能な微細で緻密な加工を、脆性材の表面に施すことができる。

【0003】レーザー光は、脆性材に照射されると、脆性材の表面で瞬間的に吸収される。このレーザー光を吸収した部分は、温度が瞬間的に高くなり、その部分だけが蒸発する。したがって、レーザー光を照射することにより、非接触でありながら、脆性材の表面を侵食加工することができる。

【0004】脆性材の表面を加工する方法としては、機械式の接触研削方法が現在一般的である。この方法は、研削時に振動や衝撃が発生し易く、脆性材の加工方法として好ましいものではない。なぜなら、脆性材は、その名の通り、硬くかつ脆いので、振動あるいは衝撃に弱いからである。対して、レーザーを使用する加工方法は、脆性材と非接触であるので、振動もしくは衝撃が発生し難い。すなわち、レーザーによる脆性材の加工方法は、その表面に微細で緻密な加工が可能であり、かつ加工時の割れもしくは破損を発生させ難くする効果も併せ持つ。したがって、レーザーを使用する加工方法は、脆性材の加工方法として好ましい。

【0005】しかし、レーザーを使用した脆性材の加工方法においても、脆性材の割れもしくは破損が全くないわけではなかった。これは、レーザー光を吸収した部分が加熱蒸発した後に、その周辺に熱が残留し、熱応力が

発生するからである。熱応力が脆性材の許容範囲を超えた場合は、その部分にクラックが発生し、脆性材の強度が著しく低下する。ここで、クラックとは、脆性材の表面の微少な傷のことである。クラックは、小さな力でも脆性材内部に容易に進行するので、脆性材の強度を著しく低下させる。すなわち、クラックが発生した脆性材は、小さな振動などによっても容易に破損するようになる。

【0006】そこで、クラックを発生させない脆性材のレーザー加工方法が、これまで様々な研究されてきた。たとえば、「続・レーザー加工」（開発社出版：小林昭著：48ページ）には、ガラスを400℃に加熱した状態でレーザー加工を行うと、レーザー光の熱の残留によるクラックの発生が見られない旨の記載がされている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところが、この方法には、以下のような問題点が存在した。すなわち、ガラス全体を加熱するための大きな加熱設備が必要であること。加熱炉から受ける熱の影響を小さくするために、レーザーを加熱炉から離しておかなければならないこと。レーザーを加熱炉から離れた場合、ガラスの表面でレーザー光の焦点を精度よく合わせることが難しいこと。レーザー光の焦点を合わせるためのレンズを加熱炉の付近まで近づけると、これらのレンズに含まれるセレン化亜鉛ZnSeなどが熱により有毒ガスとなって発生する恐れがあることなどである。

【0008】この発明は、このような従来技術に存在する問題点に着目してなされたものである。その目的とするところは、レーザーによる脆性材の加工において、脆性材を加熱することなく、常温中で加工を行ってもその表面にクラックを発生させない方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、請求項1に記載の発明の脆性材のレーザー加工方法は、パルス幅が50～200,000ns、繰り返し周波数が20～2,000Hzであるパルスレーザー光を1～5回照射する毎に、0.1～10sの非照射時間帯を設けるものである。

【0010】請求項2に記載の発明の脆性材のレーザー加工方法は、請求項1に記載の発明において、パルスレーザー光は炭酸ガスレーザー光であり、脆性材はガラスまたはセラミックであるものである。

【0011】請求項3に記載の発明の脆性材のレーザー加工方法は、請求項1に記載の発明において、パルスレーザー光はYAGレーザー光もしくはYLFレーザー光であり、脆性材はセラミックであるものである。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施形態につい

て詳細に説明する。レーザーから脆性材の表面までのレーザー光の光路を図1に示す。ただし、この形態に限るものではない。レーザー1から出力されたレーザー光2は、ビームエキスパンダ3によって、そのビーム径を拡げられる。このビームは、開口マスク4によってその径を少し小さくされ、その後反射鏡5で脆性材7の方向に反射される。さらに、このビームは、集光レンズ6によって徐々にその径が小さくなるように絞られて、脆性材7の表面で焦点を合わされる。

【0013】上述の通り、レーザー光は、脆性材の表面で吸収されて、その部分の温度が急激に高くなる。温度が高くなることにより、その部分が蒸発するので、脆性材の表面が侵食加工される。この際、長時間連続でレーザー光を出力させると、脆性材の加工された部分の周辺部に、クラックが頻繁に発生する。これは、加工に用いられたレーザー光のエネルギーが、この部分の加工すなわち蒸発にだけ利用されるのではなく、その周辺部に熱として蓄積するからである。つまり、侵食加工されたその周辺部に残った熱（以下、蓄熱と称する）が、脆性材の熱膨張を引き起こし、結果としてクラックを発生させる。

【0014】したがって、脆性材のレーザー加工方法において、クラックを発生させないためには、蓄熱を防ぐ必要がある。この蓄熱を防止するために、この発明は、レーザー光の照射のタイミングを調整する。すなわち、パルス幅が50～200、000ns、繰返し周波数が20～2,000Hzであるパルスレーザー光を用いて、このパルスレーザー光を1～5回照射する毎に、0.1～10sのレーザー光の非照射時間帯を設ける。ここで、パルス幅とは、1回のレーザー光照射時間のことである。なお、1回のレーザー光の照射を単パルスと称する。また、繰返し周波数とは、1秒間当たりの単パルスの数のことである。

【0015】この発明は、パルスレーザー光を上記のように照射することにより、蓄熱をパルス幅の隙間で放出させ、蓄熱された部分の温度を下げるができる。さらに、このパルスレーザー光を1～5回照射する毎に、0.1～10sの非照射時間帯を設けることにより、蓄熱をさらに効果的に放出させることができる。すなわち、この発明は、パルス幅の隙間の他に、非照射時間帯を意識的に設けることにより、蓄熱を効果的に防止する。そして、蓄熱が防止されることにより、クラックが発生し難くなる。

【0016】蓄熱を防ぎクラックの発生を防止するには、パルス幅を短くし、繰返し周波数を小さくすればよい。しかしながら、このような照射をすると、加工能率が極めて悪くなる。この発明は、上記の条件でパルスレーザー光を照射することにより、クラックを発生させずに加工能率を高く維持することができる。

【0017】上記パルスレーザーが炭酸ガスレーザーで

ある場合は、ガラスおよびセラミックなどの幅広い脆性材にこの発明を適用することができる。これは、炭酸ガスレーザー光のピーク波長が10.6 $\mu$ mであり、またガラスおよびセラミックがこの波長の光を効率よく吸収できるからである。

【0018】現在脆性材は数多く存在するが、中でもガラスは、表面の平滑性もしくは透明性といった特徴を有しており、幅広い分野で使用されている。しかしながら、ガラスは、振動あるいは衝撃に非常に弱く、その加工が極めて困難であった。したがって、この発明は、ガラスの表面加工に最適である。

【0019】さらには、パルスレーザーがYAGもしくはYLFレーザーである場合は、脆性材がセラミックであることが好ましい。YAGもしくはYLFレーザーは、その装置が簡素で、設備導入が極めて容易であるという特徴を有する。しかし、YAGレーザー光はピーク波長が1.06 $\mu$ mであり、YLFレーザー光はピーク波長が1.05 $\mu$ mであるので、脆性材の中でも吸収波長域の広いセラミックにのみ利用できる。

【0020】

【実施例】以下、実施例および比較例により、この発明をさらに具体的に説明する。

（レーザー照射方法）図1に記載の装置を用いて、ガラス板7にパルスレーザー光2を照射した。レーザー1は炭酸ガスレーザーであって、ここから出力されるパルスレーザー光2は、波長10.6 $\mu$ m、パルス幅60 $\mu$ sであり、繰返し周波数が1kHzである。また、パルスレーザー光2の単パルス11のエネルギー量は、40mJである。

【0021】パルスレーザー光2は、ビームエキスパンダ3によって、その径を4倍に拡張され、開口マスク4を通過して反射鏡5に達する。開口マスク4は、中心部に直径30mmの円の切り欠きがあり、パルスレーザー光2のビームの形状と大きさを調整する役割を果たす。その後、パルスレーザー光2は、反射鏡5でガラス板7の方向に反射され、集光レンズ6によって収束される。集光レンズ6は、焦点距離が100mmであって、パルスレーザー光2がガラス板7の表面で焦点を結ぶように設定されている。

【0022】図2には、時間の経過に対するパルスレーザー光2の照射および非照射の関係を示す。単パルス11は、1回のレーザー光の照射であって、パルス幅12は、単パルス11の照射時間である。この実施例では、パルス幅は60 $\mu$ sである。単パルス周期13は、単パルス11の間隔であって、繰返し周波数の逆数である。非照射時間帯14は、意識的に照射をしない時間であり、0.1～10sの間で変更することができる。また、非照射時間帯14は、単パルス11が一定回数照射される毎に設けられる。なお、非照射時間帯14の間の単パルス11の数を、パルス数と称する。この実施例に

において、パルス数は、1～5回の間で任意に設定される。パルス数は、一定でもよいし、順次変化させてもよい。

【0023】（実施例1）図1に記載のレーザーを用いて、厚さ0.7mmのガラス板7に貫通孔を明けた。このとき、パルス数は1回であり、非照射時間帯14は0.2sであった。ガラス板に貫通孔が明くまでに、単パルス11が20回照射された。この貫通孔は、直径200μmの円柱状で、ガラス板にクラックの発生は無かった。この実施例、以下の実施例および比較例の条件と結果とを、下記表1に示す。

【0024】（実施例2）実施例1において、パルス数を2回として、ガラス板に貫通孔を明けた。単パルスが20回照射された時点で、ガラス板に貫通孔が明いた。

貫通孔は、直径200μmの円柱状で、ガラス板にクラックの発生は無かった。

【0025】（実施例3）実施例1において、パルス数を5回として、ガラス板に貫通孔を明けた。単パルスが20回照射された時点で、ガラス板に貫通孔が明いた。貫通孔は、直径200μmの円柱状で、ガラス板にクラックの発生は無かった。

【0026】（比較例1）実施例1において、パルス数を6回として、ガラス板に貫通孔を明けた。単パルスが20回照射された時点で、ガラス板に貫通孔が明いた。貫通孔は、直径200μmの円柱状で、ガラス板にクラックが発生した。

【0027】

【表1】

	パルス数	単パルス照射回数	クラックの発生
実施例1	1	20	なし
実施例2	2	20	なし
実施例3	5	20	なし
比較例1	6	20	あり

【0028】

【発明の効果】この発明は、以上のように構成されているため、次のような効果を奏する。請求項1に記載の発明の脆性材のレーザー加工方法によれば、パルス幅が50～200、000ns、繰返し周波数が20～2、000Hzであるパルスレーザー光を1～5回照射する毎に、0.1～10sの非照射時間帯を設けるので、脆性材にクラックを発生させることなく、能率よく加工を施すことができる。

【0029】請求項2に記載の発明の脆性材のレーザー加工方法によれば、請求項1に記載の発明の効果に加えて、パルスレーザー光は炭酸ガスレーザー光であり、脆性材はガラスまたはセラミックであるので、これらの脆性材に対してクラックを発生させることなく、能率よく加工を施すことができる。

【0030】請求項3に記載の発明の脆性材のレーザー加工方法によれば、請求項1に記載の発明の効果に加えて、パルスレーザー光はYAGレーザー光もしくはYLFレーザー光であり、脆性材はセラミックであるので、簡素なレーザー装置を用いて、セラミックの表面にクラ

ックを発生させることなく、能率よく加工を施すことができる。

【図面の簡単な説明】

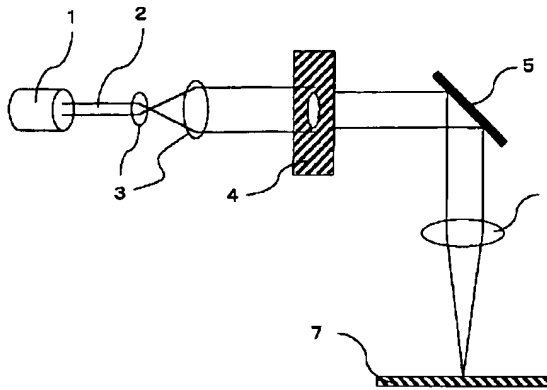
【図1】実施例および比較例で使用したレーザーの概略図である

【図2】パルスレーザー光の照射のタイミングを示した図である

【符号の説明】

- 1 レーザー
- 2 レーザー光
- 3 ビームエクスパンダ
- 4 開口マスク
- 5 反射鏡
- 6 集光レンズ
- 7 ガラス板
- 10 時間軸
- 11 単パルス
- 12 パルス幅
- 13 単パルス周期
- 14 非照射時間帯

【図1】



【図2】

